



Двадцатая третья международная конференция  
**«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»**  
Москва, 10–14 ноября 2025

# ЧЕРНОМОРСКИЙ КВАЗИТРОПИЧЕСКИЙ ЦИКЛОН FALCHION (07–20 августа 2021) НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

**Галина Левина**

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

*levina@cosmos.ru*



Asia-Pacific Typhoon  
Collaborative Research Center



- The Asia-Pacific Typhoon Collaborative Research Center (AP-TCRC) is a newly established international joint typhoon research unit. **On December 1, 2021**, the AP-TCRC was inaugurated in Shanghai and has settled in the Lingang Special Area of Shanghai Pilot Free Trade Zone.
- It is supported by the ESCAP/WMO Typhoon Committee (the Committee) and hosted by the Shanghai Municipal Government of China and the China Meteorological Administration.
- The AP-TCRC aims to strengthen scientific and technical cooperation with the Committee and other related international organizations.
- It provides a sustainable platform for conducting collaborative research on advanced sciences and key techniques in typhoon monitoring, typhoon forecasting and modelling, and typhoon associated disaster prevention and mitigation.

**ПРИВЕТ ИЗ ШАНХАЯ!**



Asia-Pacific Typhoon  
Collaborative Research Center



**Цель визита:** совместные работы по реализации ранней и точной диагностики зарождения тропических циклонов на основе теории турбулентного вихревого динамо ИКИ РАН.

Ключевым элементом динамо-эффекта в атмосфере является вихревая облачная конвекция, известная как  
**Vortical Hot Towers – Вихревые Горячие Башни!**

# Вихревая облачная конвекция, обеспечивающая турбулентное вихревое динамо

**Впервые обнаружена в тропической атмосфере Земли:**

**2004 – E. Hendricks et al., *Journal of Atmospheric Sciences***

- За прошедшие 20 лет **многократно подтверждена** натурными наблюдениями и измерениями, спутниковыми данными и численным моделированием в разных странах

**Найдена в квазитропических циклонах средних широт:**

**2019 – Г.В. Левина, Д.А. Яровая (впервые) – серия презентаций;**

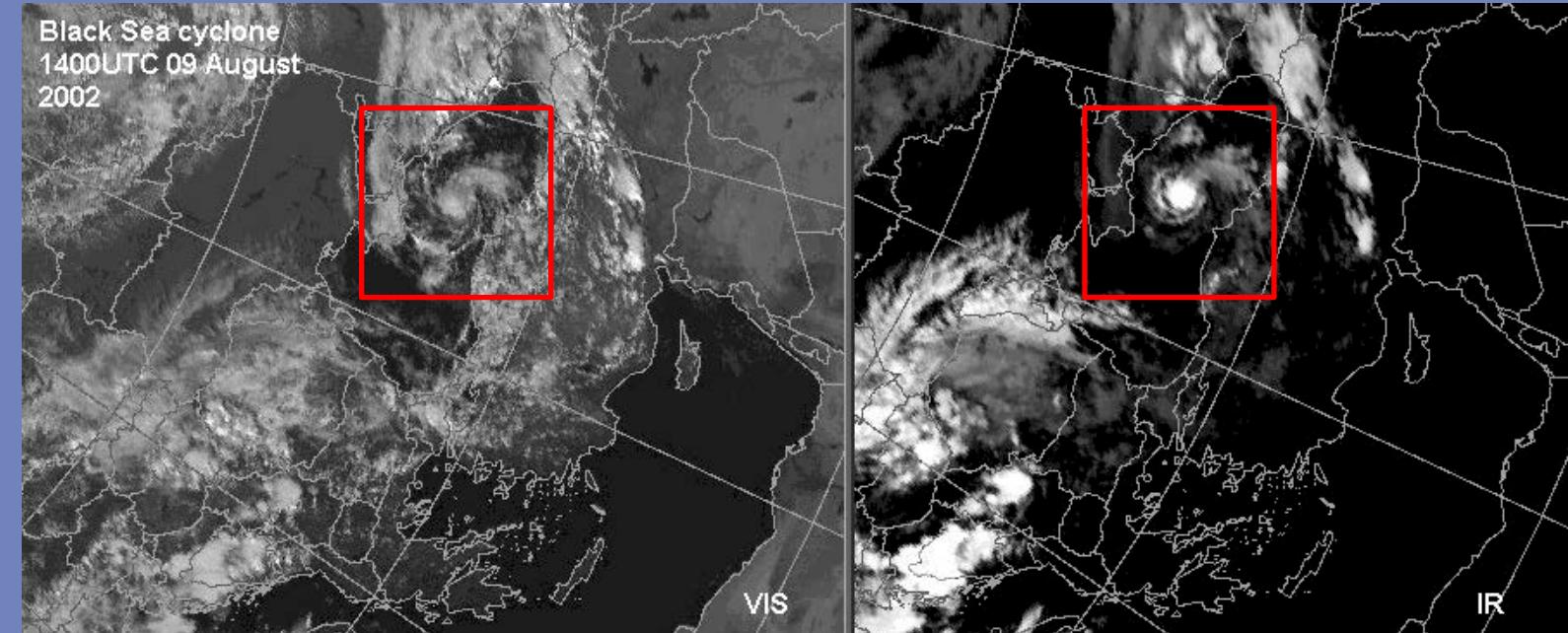
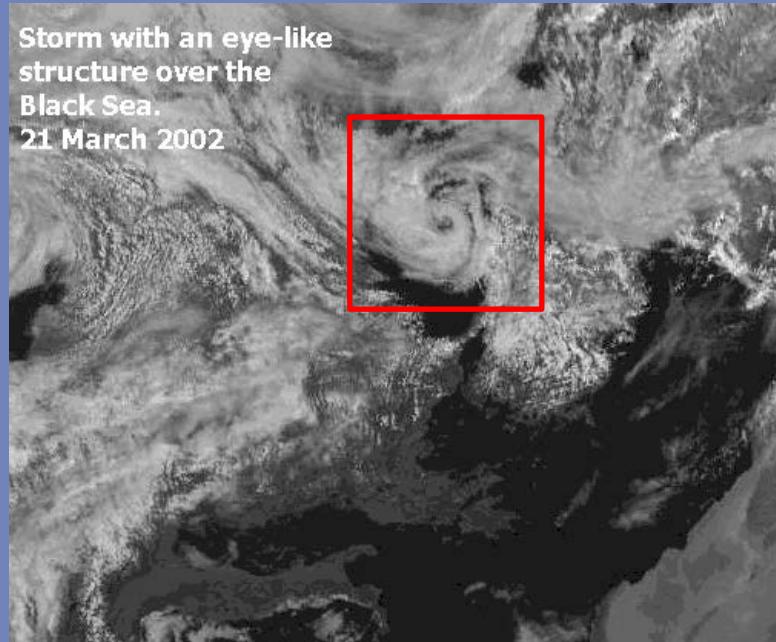
**2022 – G. Kilroy et al., *Tropical Cyclone Research and Review***

**В полярных мезоциклонах (ПМЦ):**

**Ждем ...**

# Первые спутниковые снимки для Чёрного моря

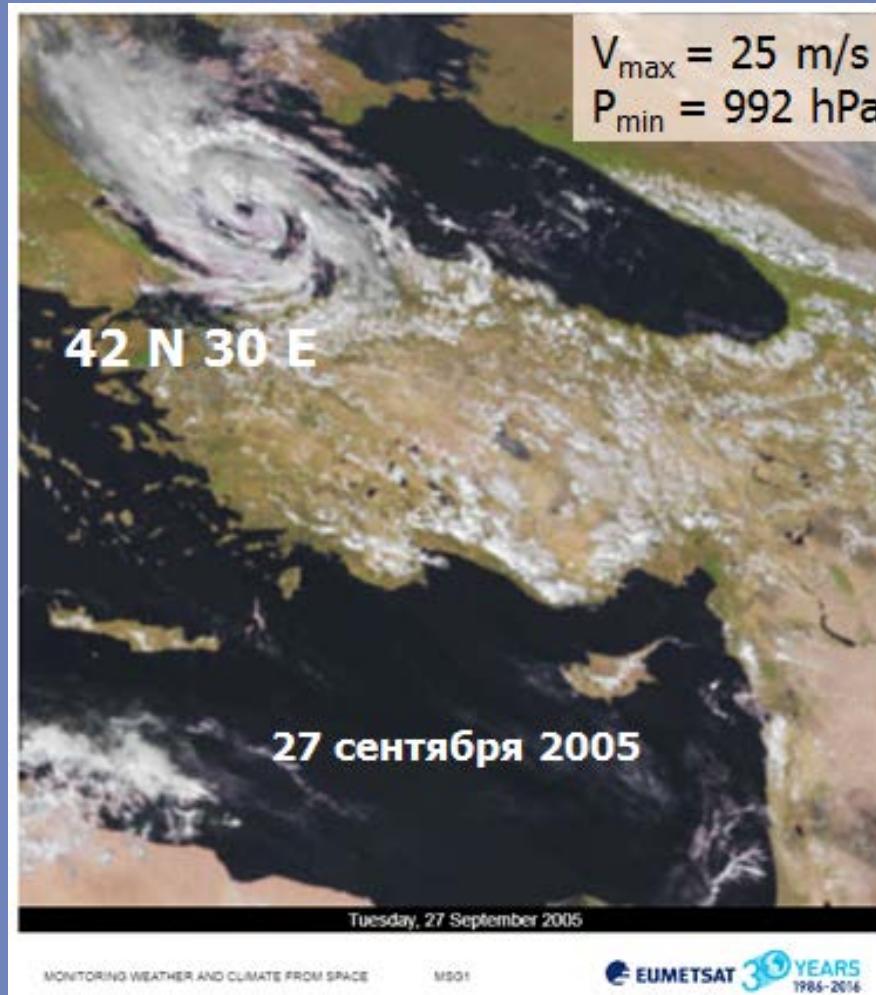
Первые спутниковые снимки черноморских мезомасштабных циклонических вихрей с особенностью типа «глаза» урагана относятся к **2002 году (Met Office, UK)**. Однако эти вихри имели очень короткое время жизни и не были исследованы.



<https://web.archive.org/web/20070109143418/http://www.metoffice.gov.uk/weather/tropicalcyclone/tcimages/Misc/blacksea1.gif>  
<https://web.archive.org/web/20070109143556/http://www.metoffice.gov.uk/weather/tropicalcyclone/tcimages/Misc/blacksea2.gif>

(date of access: 11.11.2025)

# Первый изученный квази-ТЦ в Чёрном море (2005)



Первый подробно изученный квази-ТЦ [1–4] достиг максимальной скорости поверхностного ветра 25 м/с (интенсивность тропического шторма) при падении давления в центре до 992 гПа. Он наблюдался над акваторией Черного моря 25–29 сентября 2005 года.

В работах [3, 4] проводилось численное моделирование на 3-х вложенных пространственных сетках с минимальным горизонтальным разрешением на внутренней из них **10 км, модель MM5** [3] и **1 км, модель WRF** [4].

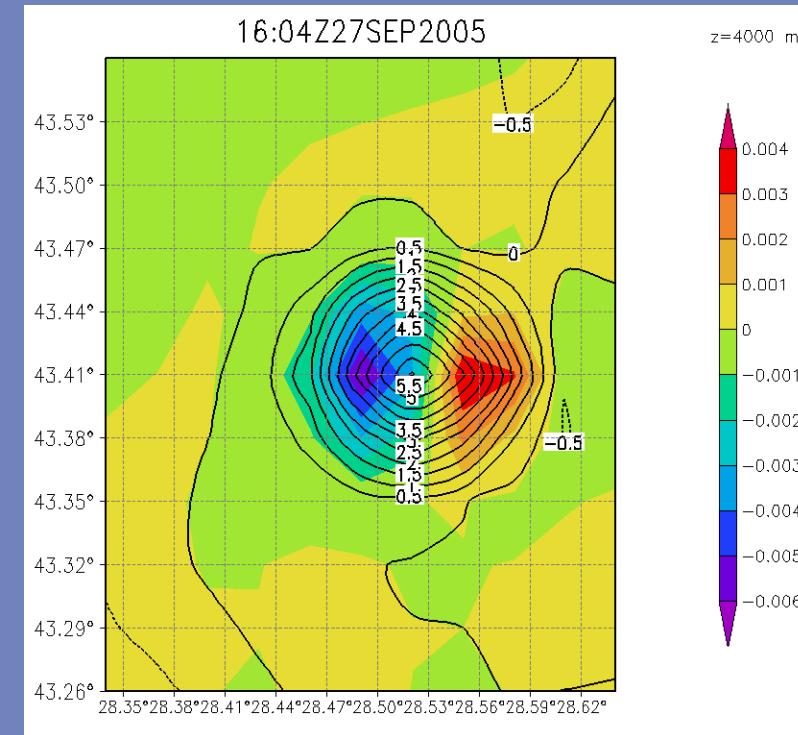
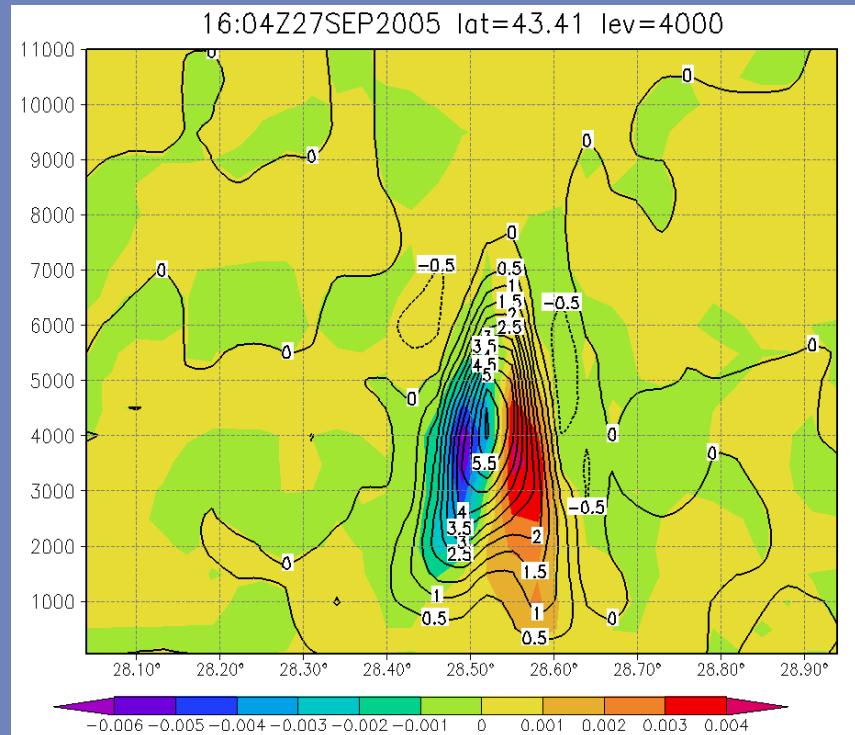
**Однако в недавнем (2021г.) и уже облачно-разрешающем моделировании [4] вихревые облачные структуры не были идентифицированы, а сама возможность их существования или появления вообще не упоминалась.**

1. Ефимов В.В., Шокуров М.В., Яровая Д.А. **2007.** Изв. АН. ФАО.
2. Ефимов В.В., Станичный С.В., Шокуров М.В., Яровая Д.А. **2008.** МиГ.
3. Яровая Д.А., Ефимов В.В., Шокуров М.В., Станичный С.В., Барабанов В.С. **2008.** МГЖ.
4. Зарипов Р.Б., Павлюков Ю.Б., Крупчатников В.Н. **2021.** МиГ.

<https://pics.eumetsat.int/viewer/index.html> (date of access: 11.11.2025)

# Вихревая облачная конвекция в Чёрном море

Моделирование 2010 г. по просьбе автора: Вихревая Горячая Башня (ВГБ)

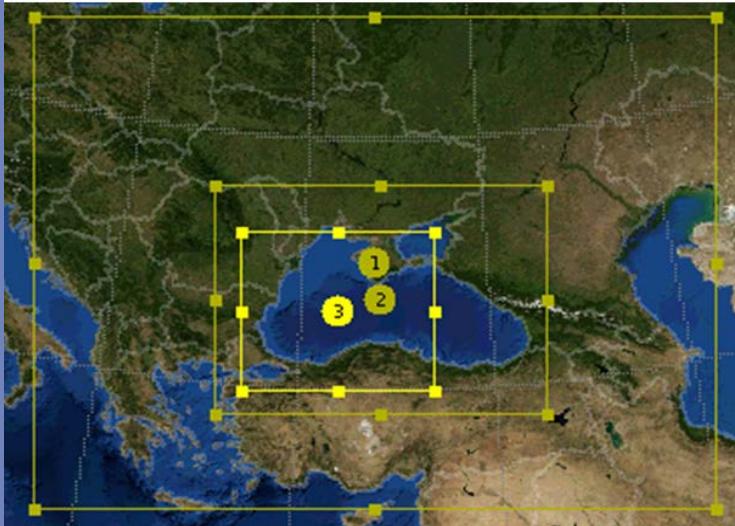


Vertical cross-section at latitude = 43.41 (left) and horizontal cross-section at  $z = 4000 \text{ m}$  (right) ;  
Vertical contribution of helicity –  $\text{m/s}^2$  (color contour) and vertical velocity –  $\text{m/s}$  (solid isolines).

## Vortical Hot Tower в квазитропическом циклоне 27 сентября 2005.

Моделирование Д. А. Яровая (3 км – горизонтальное разрешение), Морской гидрофизический институт, Севастополь.

# Вихревая облачная конвекция (моделирование 2018-2019 гг), обеспечивающая турбулентное вихревое динамо



Черноморский квази-ТЦ, 25–29 сентября 2005 г.

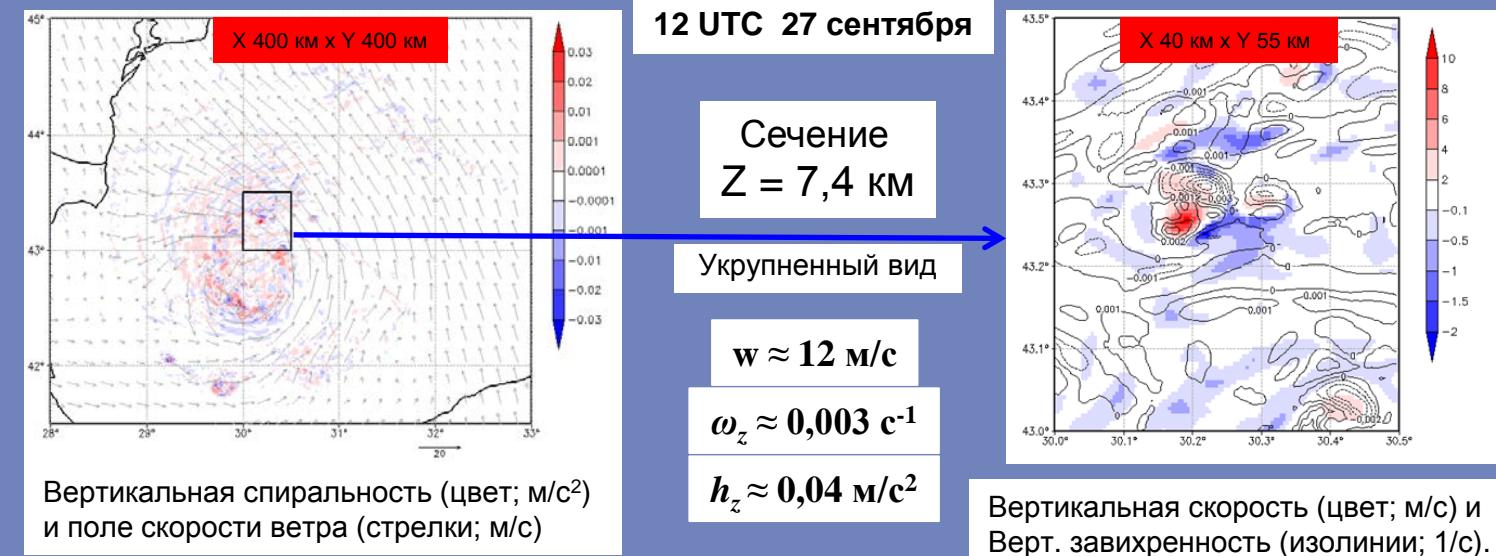
Численное моделирование WRF-ARW

Центры расчетных сеток: 1 – 9 км, 2 – 3 км, 3 – 1 км.  
52 уровня по вертикали.

Явное разрешение конвекции.

Для верификации результатов  
проведены расчеты с увеличенным  
в 2 раза пространственным разрешением.

Левина Г.В., Яровая Д.А. Презентации и тезисы в РФ. 2019.



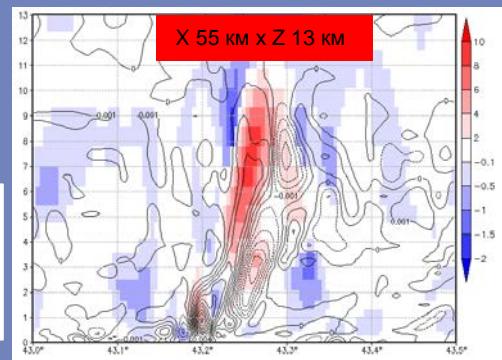
$$h = \mathbf{V} \cdot \boldsymbol{\omega} = u \left( \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v \left( \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \right) + w \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right).$$

Плотность спиральности

ВГБ локализованы в поле вертикальной спиральности  
(впервые предложено автором)

$\omega_z$  башни в 30 раз превышала фоновую завихренность!

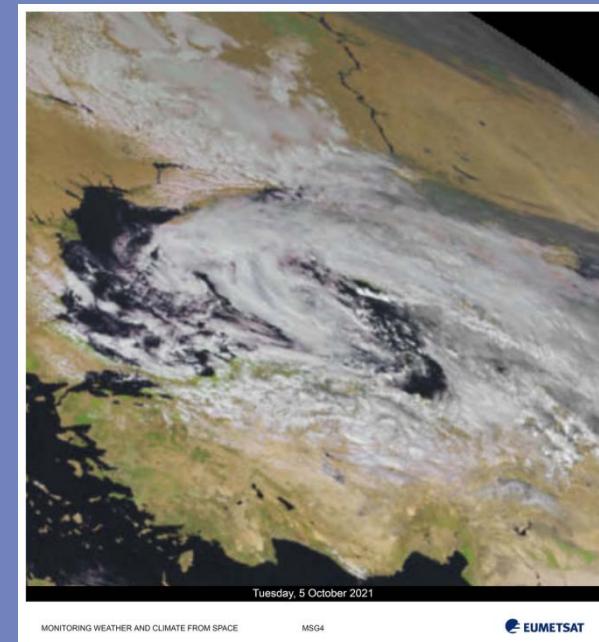
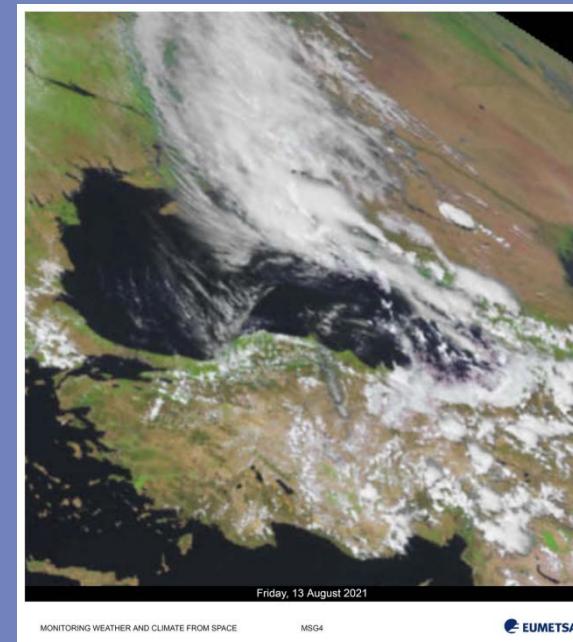
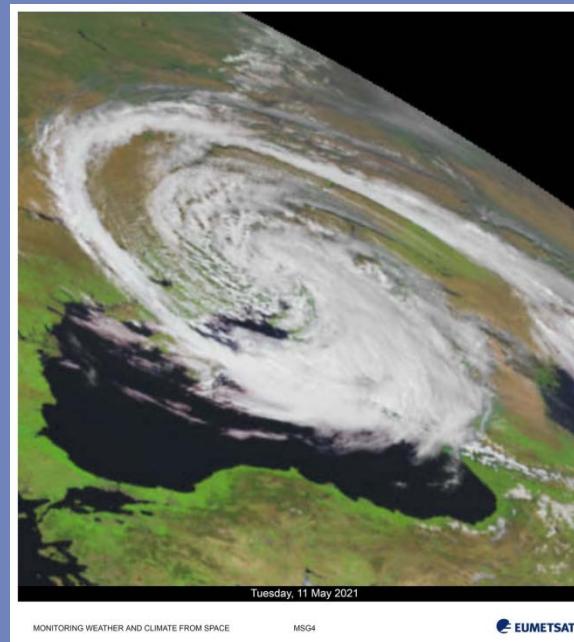
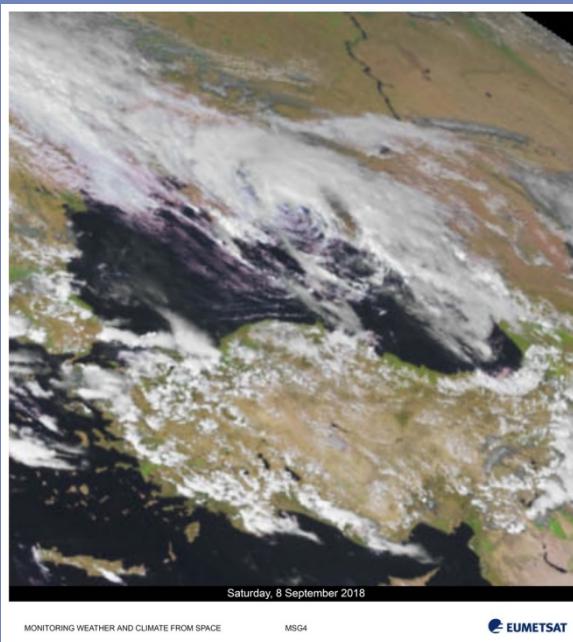
ВГБ:  
 $H \approx 10 \text{ км}$   
 $L \approx 10 \text{ км}$



# Недавние черноморские квази-ТЦ (2018–2021)

В 2017 г. Romero & Emanuel [1] предсказали, что в связи с изменением климата возможно более частое появление квази-ТЦ в западной части Средиземного моря и в Черном море.

1. Romero, R. & Emanuel, K. Climate change and hurricane-like extratropical cyclones: Projections for North Atlantic polar lows and medicanes based on CMIP5 models. *J. Climate*. 2017, **30**, 279–299. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0255.1



8 сентября 2018

11 мая 2021

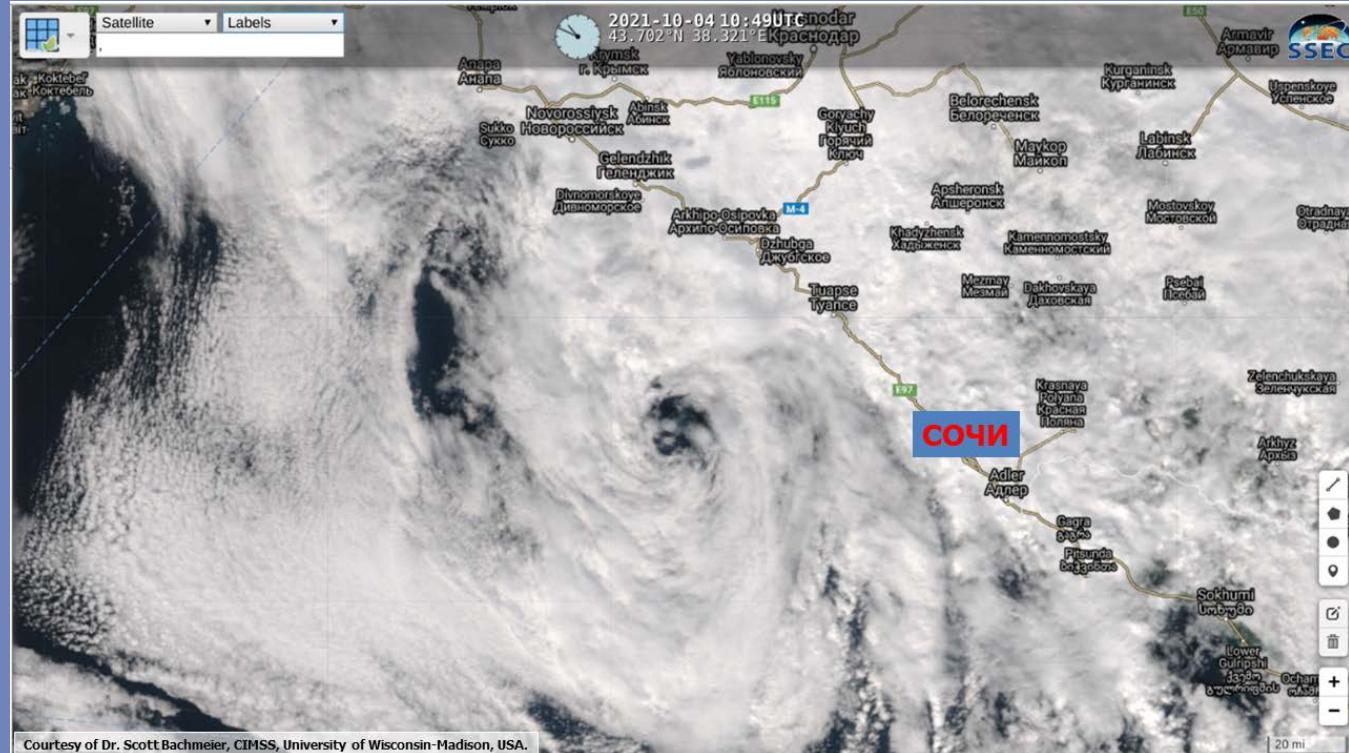
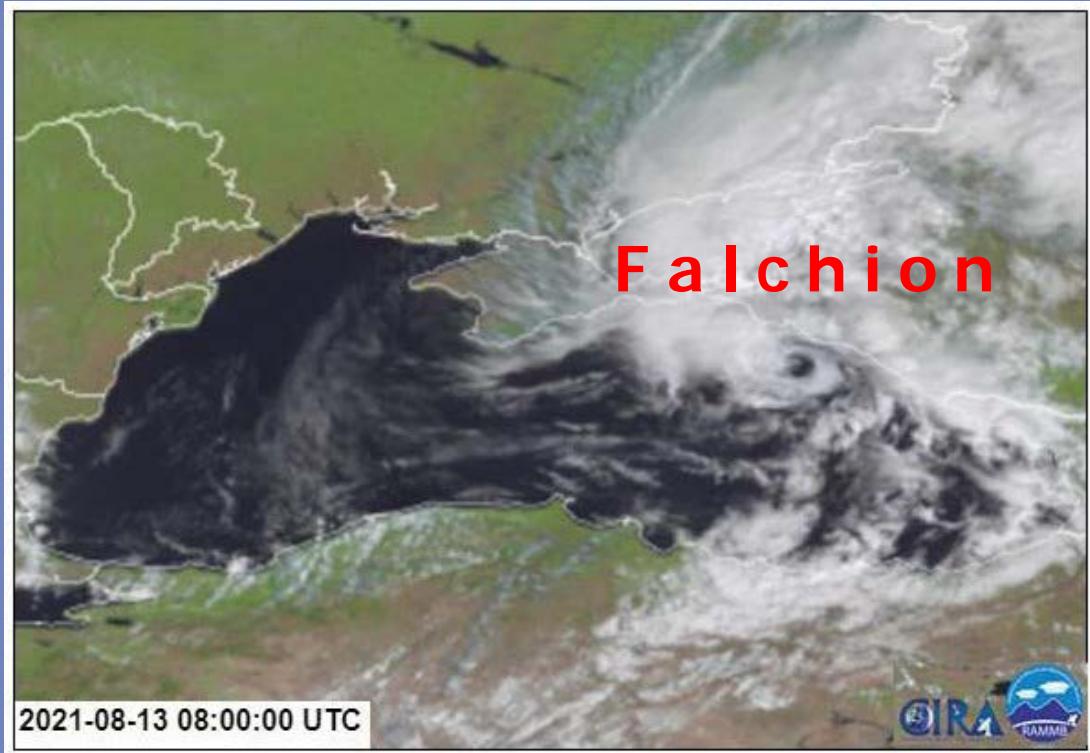
13 августа 2021

5 октября 2021

Диагностированы как квази-ТЦ зарубежными метеослужбами

<https://pics.eumetsat.int/viewer/index.html> (date of access: 11.11.2025)

# Два широко обсуждавшихся квази-ТЦ (2021)



## Квази-ТЦ , наблюдавшийся 07–20 августа 2021 г.

Обсуждение на проф. форуме [tstorms.org](http://tstorms.org) 12–15 августа 2021 г.:

J. Heming (Met Office, UK), M. Lander (UOG, Guam, USA), D. Herndon (CIMSS UW-Madison, USA), S. Kusselson (CIRA/CSU, USA), K. Emanuel (MIT, USA), B. Trewin (BoM, Australia), P. Black (NOAA-AOML, USA), S. Dafis (NOA/IERSD, Greece), S. Hristova-Veleva (JPL NASA, USA), G. Levina (IKI, Russia).

## Квази-ТЦ , наблюдавшийся 03–05 октября 2021 г.

Обсуждение на проф. форуме [tstorms.org](http://tstorms.org) 04–05 октября 2021 г.:

J. Heming (Met Office, UK), C. Hebert (StormGeo, Inc., USA), S. Delgado (NOAA-NHC, USA), S. Bachmeier (CIMSS UW-Madison, USA), S. Dafis (NOA/IERSD, Greece), S. Hristova-Veleva (JPL NASA, USA), G. Levina (IKI, Russia).

# Квазитропический циклон Falchion (07–20.08.2021)

Farr, M.B., Gasch,J.V., Travis,E.J., Weaver,S.M., Yavuz,V., Semenova,I.G., Panasiuk,O., Lupo,A.R.

An Analysis of the Synoptic Dynamic and Hydrologic Character of **the Black Sea Cyclone Falchion**.

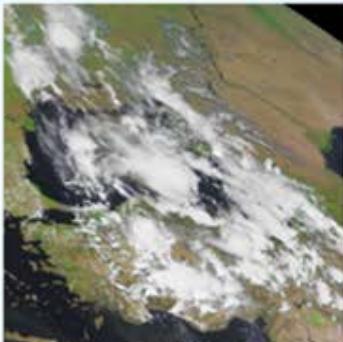
*Meteorology*, 2022, 1, 495–512. <https://doi.org/10.3390/meteorology1040031> Online: 2 December 2022.

- Применены качественные синоптико-динамические методы и количественная гидрометеорологическая информация. Этот интенсивный вихрь обладал свойствами гибридного тропического и внетропического циклона. Такие вихри часто возникают в Средиземном море и уже несколько раз наблюдались в Черном море. Использованы реанализы NCEP/NCAR, наборы данных NARR, спутниковый анализ, а также данные о состоянии поверхности моря (SST) для изучения синоптической динамики и гидрологических характеристик «Falchion» и сравнения этого шторма с ТЦ.
- «Falchion» нанес определенный ущерб, двигаясь к побережью над восточной частью Черного моря.
- По мнению автора, именно **ранние стадии формирования этого вихря, характеризующиеся развитием интенсивной вихревой облачной конвекции (спутниковые данные CIRA-RAMMB)**, привели к разливу нефти на морском терминале Каспийского трубопроводного консорциума под Новороссийском 7 августа 2021 г.

# Квазитропический циклон Falchion (07–20.08.2021)

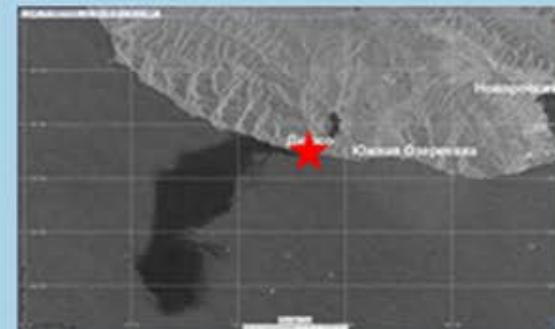
## Нефтяной разлив в районе Новороссийска – 7 августа 2021 г.

**Теперь в Черном море необходимо учитывать существование вихревых облачных башен!**  
Они хорошо видны 12 августа и могли появиться 7 августа перед образованием квази-ТЦ!



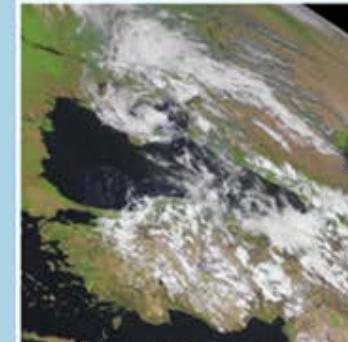
7 августа 2021

<https://pds.eumetsat.int/viewer/index.html>  
(date of access: 11.11.2025)



ПРЕСС-ЦЕНТР ИКИ РАН  
10 АВГ 2021

8 августа 2021 г.,  
15:20 UTC,  
площадь пятна  
превысила 85 кв. км.



8 августа 2021

<https://pds.eumetsat.int/viewer/index.html>  
(date of access: 11.11.2025)



12 августа 2021 г., 03:41 UTC  
Костяной А.Г., Лаврова О.Ю., Лутян Е.А. (2021).  
Современные проблемы ДЗЗ из космоса, т. 18, № 4, 304–310. Рис. 4.



12 августа 2021 04:00 UTC

# ПЕРСПЕКТИВЫ

**Разработанный подход применим для прогноза и точной дистанционной диагностики зарождения интенсивных мезомасштабных вихрей в разных широтах.**

**Необходимые требования к численной реализации:**

- **негидростатическая** версия региональной модели атмосферы;
- горизонтальное пространственное **разрешение 3 км и менее** для идентификации вихревой облачной конвекции.

При появлении интереса к практической реализации диагностики у метеорологов, владеющих навыками и инструментами облачно-разрешающего атмосферного численного моделирования, автор готов к сотрудничеству.

**Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках программы «Мониторинг», № государственной регистрации 122042500031-8.**

Публикации, презентации, данные:

[https://www.researchgate.net/profile/Galina\\_Levina](https://www.researchgate.net/profile/Galina_Levina) ; <https://iki-rssi.academia.edu/GalinaLevina>

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !**